

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ  
В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 536.581.3

ПРОСТАЯ ГЕРМЕТИЧНАЯ КАМЕРА С КОНТРОЛИРУЕМОЙ  
ТЕМПЕРАТУРОЙ ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ

© 2022 г. А. А. Галиуллин, С. Г. Мартанов, М. Л. Скориков,  
Е. В. Колобкова, М. С. Кузнецова, А. Ю. Кунцевич

Поступила в редакцию 09.05.2022 г.

После доработки 15.06.2022 г.

Принята к публикации 16.06.2022 г.

DOI: 10.31857/S0032816222060052

В оптических исследованиях образец зачастую должен находиться в условиях, отличных от стандартных, например: при повышенной или пони-

женной температурах, в вакууме, в атмосфере инертного или агрессивного газа. Для создания подобных условий необходима камера с прозрач-

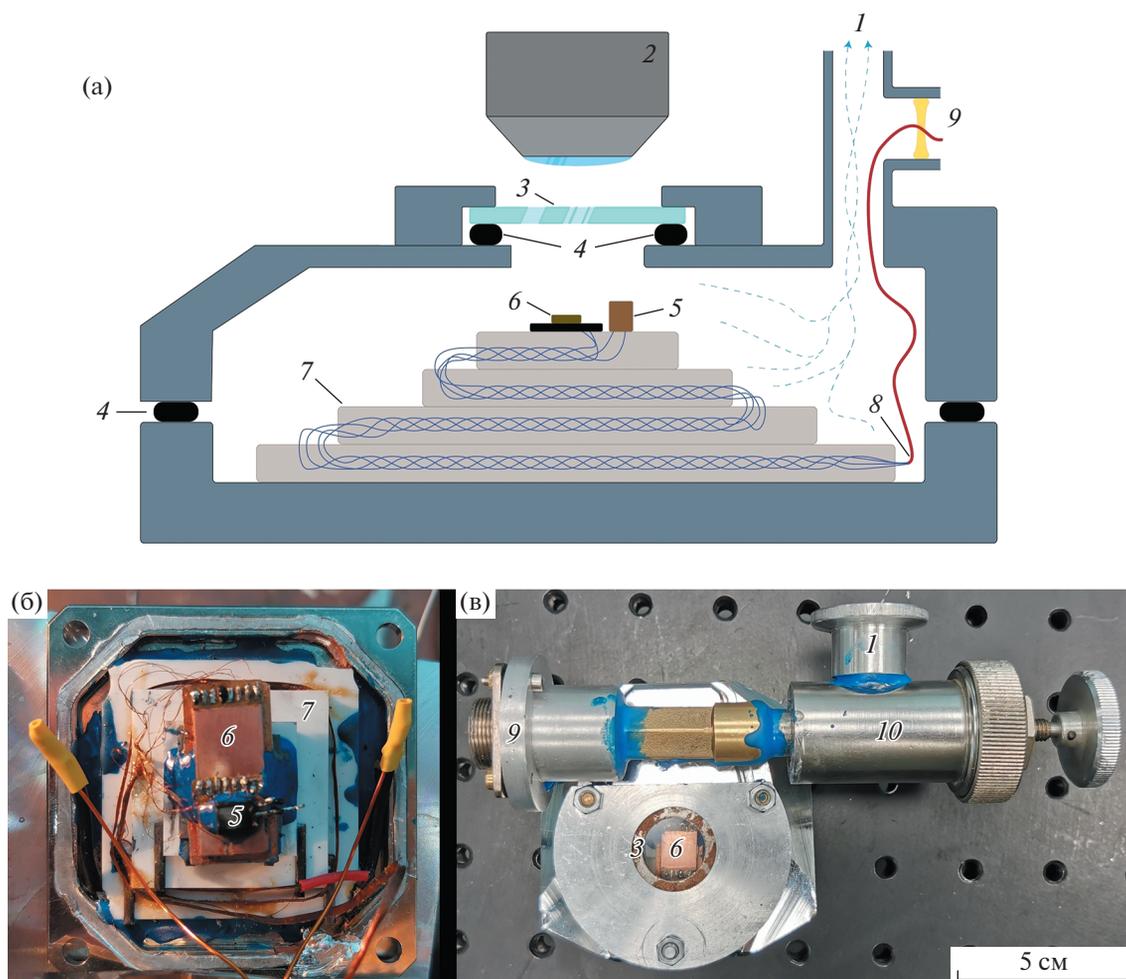
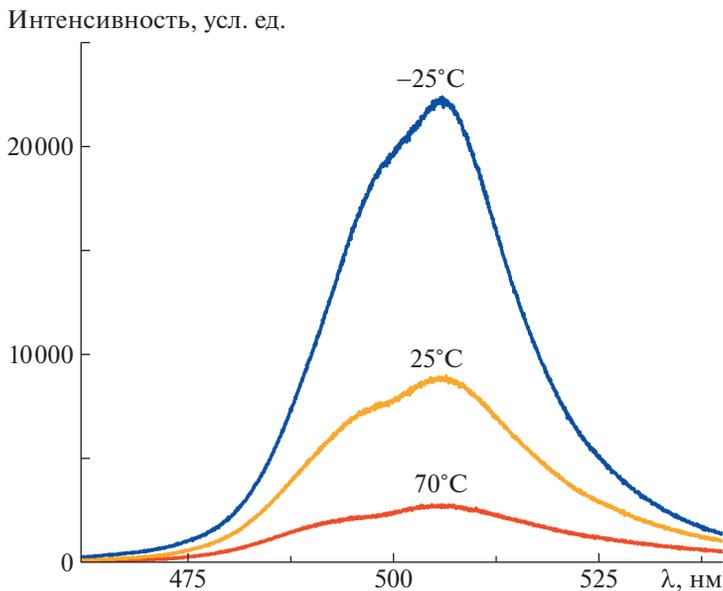


Рис. 1. а – схематичное изображение криостата, б – фотография криостата в разобранном виде, в – фотография собранного криостата. 1 – к насосу; 2 – объектив микроскопа; 3 – стекло; 4 – резиновое уплотнение; 5 – термометр; 6 – образец; 7 – элементы Пельтье; 8 – провода; 9 – герметичный разъем для проводов; 10 – сильфонный вакуумный вентиль.



**Рис. 2.** Спектры люминесценции нанокристаллов перовскитов  $\text{CsPb}(\text{Cl}, \text{Br})_3$  в стеклянной матрице при различных температурах (цифры у кривых). Длина волны возбуждающего излучения 457 нм.

ным окном, помещаемым под объектив микроскопа с большим рабочим отрезком. Зачастую такая камера представляет собой оптический криостат для микроскопии, дорогостоящий и не всегда достаточно компактный [1].

В настоящей работе мы представляем камеру, собираемую из недорогих, коммерчески доступных компонент с привлечением небольшого количества механических работ. Преимуществами данной конструкции по сравнению с коммерчески доступными криостатами для микроскопии являются компактность, простота и дешевизна изготовления, быстрый доступ к образцу, а также возможность получения температур выше комнатной. Недостаток конструкции – не очень низкая температура.

Основа камеры – металлический радиатор водяного охлаждения компьютерного процессора RYZEN 3600 производства фирмы bykski, из внутренней части которого удалена фрезеровкой рифленая часть теплообменника (рис. 1). На дно камеры помещена пирамидальная 4-ступенчатая готовая сборка элементов Пельтье, на вершине которой расположена медная платформа с местом для крепления образца ( $\sim 1.5 \text{ см}^2$ ), к которой прикреплен термометр сопротивления. В крышке радиатора, притягиваемой к нижней части винтами через вакуумное уплотнение, проделано смотровое отверстие. Смотровое окно уплотнено по витонovому кольцу по краю смотрового отверстия. На крышке компьютерного радиатора до механической обработки имелось два отверстия с резьбой 1/4" для циркуляции теплоносителя. Одно из этих отверстий расточено под смотровое

окно, а на второе установлен тройник для электропроводки и вентиля откачки-наполнения газом, снабженного фланцем KF16. Электропроводка через герморазъем позволяет управлять элементом Пельтье, измерять температуру и дает пользователю доступ к 15-ти контактным площадкам, расположенным у образца, для оптоэлектронных исследований. Все неразборные вакуумные соединения выполнены склейкой при помощи эпоксидной смолы Stycast 2850.

Для смены образца достаточно снять смотровое окно, диаметр которого 25 мм. Смена образца без расклейки электрических контактов на него занимает  $\leq 2$  мин. Диапазон доступных температур составляет от  $-30$  до  $90^\circ\text{C}$ . Масса камеры 1 кг. Камера изготовлена из немагнитных материалов (медь и латунь), что потенциально дает возможность проводить исследования в магнитном поле. Помещение камеры на еще один радиатор (например, водяной) позволит понизить минимальную температуру еще на  $10^\circ\text{--}15^\circ$ .

На рис. 2 представлены спектры фотолюминесценции нанокристаллов перовскитов  $\text{CsPb}(\text{Cl}, \text{Br})_3$  [2], полученные при помощи установки для спектральных измерений с пространственным разрешением аналогично работе [3] при различных температурах.

Собранная камера предназначена в первую очередь для оптических исследований двумерных материалов. В воздушной среде под воздействием лазерного излучения с характерной мощностью  $\sim 1 \text{ мВт/мкм}^2$  эти материалы окисляются. Камера в вакуумированном состоянии позволит избежать

данного процесса и, следовательно, может быть использована для спектроскопии неупругих процессов (комбинационного рассеяния и люминесценции). В сочетании с самодельным микроскопом [4] камеру можно использовать для лазерного паттернирования двумерных материалов подобно работе [5]. Еще одно планируемое применение камеры — исследование долинного эффекта Холла в двумерных полупроводниках аналогично работе [6]. Следует отметить большой потенциал использования прибора — от физики до биологии.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа поддержана грантом РНФ 18-72-10073-П.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://andor.oxinst.com/products/optical-cryostats-for-microscopy>
  2. Kolobkova E.V., Kuznetsova M.S., Nikonorov N.V. // Journal of Non-Crystalline Solids. 2021. V. 563. P. 120811. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2021.120811>
  3. Akmaev M.A., Kochiev M.V., Duleba A.I., Pugachev M.V., Kuntsevich A.Yu., Belykh V.V. // JETP Lett. 2020. V. 112. № 10. P. 607. <https://doi.org/10.1134/S0021364020220063>
  4. Кунцевич А.Ю. // ПТЭ 2021. V. 5. P. 156. <https://doi.org/10.31857/S0032816221050074>
  5. Katsuragawa N., Nishizawa M., Nakamura T., Inoue T., Pakdel S., Maruyama S., Katsumoto S., Palacios J.J., Naruyama J. // Commun. Mater. 2020 V. 1. № 51. <https://doi.org/10.1038/s43246-020-00050-w>
  6. Mak K.F., McGill K.L., Park J., McEuen P.L. // Science. 2014. V. 344. № 6191. P. 1489. <https://doi.org/10.1126/science.1250140>
- Адрес для справок: Россия, 119991, Москва, Ленинский просп. 53, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН; e-mail: alexkun@lebedev.ru